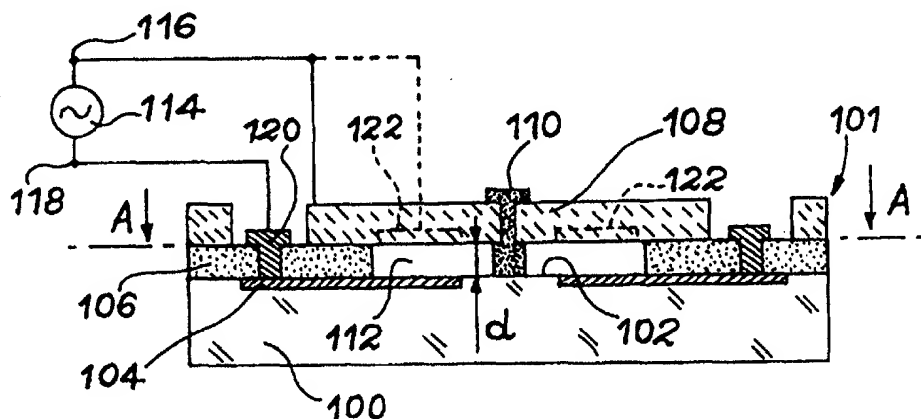


**PCT**ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE  
Bureau international

## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

<b>(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> :</b> <b>H02N 1/00</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Numéro de publication internationale:</b> <b>WO 96/17430</b> <b>(43) Date de publication internationale:</b> 6 juin 1996 (06.06.96)
<b>(21) Numéro de la demande internationale:</b> PCT/FR95/01578 <b>(22) Date de dépôt international:</b> 29 novembre 1995 (29.11.95) <b>(30) Données relatives à la priorité:</b> 94/14292 29 novembre 1994 (29.11.94) FR <b>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US):</b> COMMIS-SARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31-33, rue de la Fédération, F-75015 Paris (FR). <b>(72) Inventeurs; et</b> <b>(75) Inventeurs/Déposants (US seulement):</b> ROBERT, Philippe [FR/FR]; 6, jardin de la Marquetière, F-38120 Le Fontanil (FR). DANEL, Jean-Sébastien [FR/FR]; 61, boulevard Joseph-Vallier, F-38100 Grenoble (FR). DIEM, Bernard [FR/FR]; 9, allée des Troènes, F-38130 Echirolles (FR). <b>(74) Mandataire:</b> BREVATOME; 25, rue de Ponthieu, F-75008 Paris (FR).		<b>(81) Etats désignés:</b> JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Publiée</b> <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>

**(54) Title:** ELECTROSTATIC MOTOR AND ITS FABRICATION PROCESS**(54) Titre:** MOTEUR ELECTROSTATIQUE ET SON PROCEDE DE REALISATION**(57) Abstract**

Electrostatic motor and its fabrication process, said electric motor comprising a fixed part (200, 204, 206, 208) called stator with an elastically deformable membrane (208) and a movable part (230) called rotor and arranged on the membrane (208) and moved by means of deformation waves from the elastic membrane, said electric motor being characterized in that it is provided with electrostatic means (204, 205) for deforming the membrane (208).

**(57) Abrégé**

Ce moteur électrique comportant une partie fixe (200, 204, 206, 208) dite stator avec une membrane élastique déformable (208) et une partie mobile (230) dite rotor disposée sur la membrane (208) et mue par des ondes de déformation de la membrane élastique, se caractérise en ce qu'il comporte des moyens électrostatiques (204, 205) de déformation de la membrane (208).

# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	GB	Royaume-Uni	MR	Mauritanie
AU	Australie	GE	Géorgie	MW	Malawi
BB	Barbade	GN	Guinée	NE	Niger
BE	Belgique	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BF	Burkina Faso	HU	Hongrie	NO	Norvège
BG	Bulgarie	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BJ	Bénin	IT	Italie	PL	Pologne
BR	Brésil	JP	Japon	PT	Portugal
BY	Bélarus	KE	Kenya	RO	Roumanie
CA	Canada	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CF	République centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CG	Congo	KR	République de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KZ	Kazakhstan	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	SN	Sénégal
CN	Chine	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LV	Lettonie	TG	Togo
CZ	République tchèque	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DE	Allemagne	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
DK	Danemark	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande	MN	Mongolie	UZ	Ouzbékistan
FR	France			VN	Viet Nam
GA	Gabon				

## MOTEUR ELECTROSTATIQUE ET SON PROCEDE DE REALISATION

### 5 Domaine technique

La présente invention se rapporte de façon générale à un moteur électrostatique et à son procédé de réalisation. Le moteur de l'invention peut présenter aussi bien une taille de l'ordre du centimètre que du  
10 micromètre. Ainsi, l'invention concerne également les micromoteurs, c'est-à-dire les moteurs qui, en raison de leur taille, sont susceptibles d'être réalisés selon des techniques de microélectronique. Les moteurs électrostatiques de l'invention peuvent trouver de  
15 nombreuses applications dans les domaines de l'optique intégrée pour réaliser, par exemple, un balayage de faisceaux lasers, les domaines médicaux pour réaliser, par exemple, des microbistouris, les domaines de l'automobile et de façon plus générale dans toutes les  
20 applications où les déplacements d'une charge faible ou d'une charge microscopique sont nécessaires.

### Etat de la technique antérieure

Les moteurs ou micromoteurs sont habituellement  
25 classifiés soit en fonction de la nature du mouvement qu'ils provoquent, soit en fonction des principes physiques qu'ils mettent en jeu.

On distingue ainsi, par exemple, les micromoteurs rotatifs, des micromoteurs linéaires. Les  
30 micromoteurs rotatifs se composent pour l'essentiel d'une partie fixe que l'on appelle stator et d'une partie tournante par rapport à la partie fixe appelée rotor. Les micromoteurs linéaires comportent également une partie mobile et une partie fixe. Aussi, par  
35 extension, dans la suite de la présente description, on

désignera par rotor aussi bien la partie mobile d'un moteur rotatif que d'un moteur linéaire et par stator la partie fixe également pour le moteur rotatif et pour le moteur linéaire.

5 Les micromoteurs peuvent fonctionner en mettant en jeu différents principes physiques. On distingue ainsi, par exemple, les micromoteurs de type électrostatique, les micromoteurs de type électromagnétique et les micromoteurs de type  
10 piézoélectrique.

Dans un micromoteur, ou un moteur, électrostatique, la mise en mouvement du rotor utilise des forces électrostatiques liées à l'accumulation de charges dans des électrodes. Il en résulte des forces  
15 capacitives qui tendent à rapprocher les plaques conductrices ou les électrodes soumises à une différence de potentiel. Par exemple, dans un micromoteur linéaire électrostatique, le rotor et le stator comportent chacun une série d'électrodes. Les  
20 électrodes de chaque série, c'est-à-dire du stator et du rotor sont disposées périodiquement avec un pas différent. L'application d'une tension induit ainsi un déplacement du rotor par rapport au stator.

Parmi les micromoteurs électrostatiques  
25 rotatifs, on distingue principalement trois catégories. Une première catégorie comporte les moteurs dits "Side-drive". Ces moteurs utilisent les forces électrostatiques tangentielles sur les électrodes pour entraîner le rotor. Ces forces électrostatiques tendent  
30 à aligner les électrodes du rotor et du stator. Le rotor propulsé par ces forces roule autour d'un axe central. Ces moteurs permettent des vitesses de rotation très importantes. Par contre, le couple de ces moteurs et leurs performances sont très médiocres, en  
35 raison essentiellement de la surface capacitive utile

de ces moteurs et donc des forces utiles, qui sont très faibles. De plus, la composante radiale des forces capacitatives, c'est-à-dire la composante des forces qui n'est pas utile pour faire tourner le moteur est  
5 nettement supérieure à la composante tangentielle utile. Cette force radiale induit des frottements et une usure rapide de ces moteurs.

Une deuxième catégorie comporte les micromoteurs dits "top-drive". Ce type de moteur  
10 utilise également les forces électrostatiques tangentiels, mais la surface capacitive utile se situe au-dessus et au-dessous des pôles du rotor. L'énergie électrique est emmagasinée dans un espacement d'air formé par le recouvrement des pôles du stator et  
15 du rotor. Pour faire tourner le moteur, une excitation triphasée, par exemple, est appliquée au rotor qui roule autour de l'axe central. Comme la capacité de ce type de moteur est plus importante, ce moteur peut fournir un couple intéressant ; toutefois, des forces  
20 verticales tendent à plaquer le rotor sur les pôles du stator. Il en résulte ainsi une grande instabilité verticale du rotor.

Une troisième catégorie de micromoteurs comporte les micromoteurs rotatifs dits "harmoniques"  
25 ou "wobble". Cette catégorie se distingue des deux catégories précédentes, notamment par l'utilisation de forces capacitatives radiales. Le rotor roule ainsi directement sur le stator. Les forces mises en jeu sont plus importantes car les forces radiales sont  
30 supérieures aux forces tangentiels. La vitesse de rotation est cependant réduite et on peut noter en outre un fort désaxement du rotor. Ce désaxement est dû à l'absence d'un maintien latéral du rotor au niveau de l'axe et à l'attraction exercée par des forces  
35 électrostatiques normales. Des résultats expérimentaux

concernant le micromoteur "harmonique" montrent des performances assez bonnes lorsque ces moteurs sont de taille macroscopique, c'est-à-dire de l'ordre du centimètre. Par contre, la réalisation de ces moteurs selon des techniques de microélectronique ne donne pas de résultats plus satisfaisant que ceux des moteurs "top-drive" ou side-drive". Pour une description plus détaillée et plus complète des micromoteurs électrostatiques, on peut se référer par exemple au document (1) et au document (2) référencés à la fin de la présente description.

Finalement, quelle que soit leur technique de réalisation, les micromoteurs électrostatiques présentent des rendements relativement faibles. Une difficulté supplémentaire provient de la nécessité d'assurer un bon contact électrique de la pièce mobile, c'est-à-dire le rotor. Le rotor qui a tendance à se charger électriquement doit, en effet, pour son bon fonctionnement, être mis à la masse.

On peut ajouter que les micromoteurs sont en général de taille submillimétrique, c'est-à-dire de l'ordre de 100 à 200  $\mu\text{m}$  de diamètre. La réalisation de moteurs électrostatiques de taille plus importante se heurte à des problèmes technologiques tels que, par exemple, le voilage du rotor.

Un autre type de micromoteur connu utilise non pas des forces électrostatiques, mais des forces électromagnétiques. Dans ces moteurs, la circulation de courants dans des spires induit un champ magnétique qui interagit avec un aimant pour produire une force dans une direction tendant à mouvoir le rotor. On ne connaît qu'une seule réalisation de micromoteurs de ce type qui utilise un aimant massif que l'on fait tourner autour de spires alimentées successivement. L'usage de couches magnétiques minces dans un micromoteur est en effet mal

adapté à l'exercice de forces électromagnétiques. Les couches déposées étant extrêmement fines, c'est-à-dire inférieures à 1  $\mu\text{m}$  et les forces électromagnétiques étant des forces de volume, les forces mises en jeu sont trop faibles pour entraîner ne serait-ce que le rotor seul. Les "micromoteurs" de type électromagnétique présentent ainsi généralement une taille de l'ordre du millimètre. Pour une description plus détaillée des micromoteurs électromagnétiques, on peut se reporter utilement au document (3) cité à la fin de la présente description.

Un troisième type de phénomène physique mis en jeu dans des micromoteurs est l'effet piézoélectrique. Le principe des moteurs piézoélectriques dits à ultrasons est basé sur un double transfert d'énergie. Le premier transfert est celui d'une énergie électrique à une énergie mécanique de vibration par l'intermédiaire de céramiques piézoélectriques qui produisent sous l'effet de tensions électriques des ondes soit stationnaires, soit progressives dans le stator du moteur. Le second transfert correspond au passage de l'énergie de l'onde du stator au rotor par des forces de contact qui s'exercent entre ces parties.

Le stator d'un moteur à ultrasons comporte ainsi des éléments piézoélectriques capables de se déformer sous l'application d'une excitation électrique, un corps élastique, par exemple une couche de matériau métallique, déposé sur les éléments piézoélectriques, et un rotor disposé sur le corps élastique. Comme indiqué ci-dessus, lorsque les éléments piézoélectriques sont excités, ceux-ci créent dans le corps élastique des ondes de déformation qui entraînent la mise en mouvement du rotor. Les ondes de déformation peuvent être progressives ou stationnaires.

Pour les moteurs piézoélectriques dans le domaine millimétrique et submillimétrique, on préfère générer des déformations de membranes plutôt que des déformations à l'intérieur d'un corps élastique. La figure 1 donne, à ce titre, un exemple de structure d'un micromoteur piézoélectrique rotatif réalisé selon des techniques connues de microélectronique. Le stator du moteur de la figure 1 comporte une membrane 1 formée d'un empilement d'une couche de nitrure de silicium 2, d'une électrode de platine 4 et d'une fine couche de matériau piézoélectrique 6. L'ensemble de ces couches, formant la membrane, repose sur un substrat épais 8 de silicium qui a été gravé circulairement pour libérer un espacement 10 qui permet le mouvement de la membrane. Des électrodes 12 disposées circulairement sur la couche 6 permettent d'appliquer au matériau piézoélectrique des excitations électriques susceptibles de générer des ondes de déformation dans la membrane 1. Un rotor 14 est finalement disposé sur la membrane dans la région qui comporte les électrodes 12. Le rotor 14 est entraîné en rotation par des ondes de déformation de la membrane 1.

Un tel moteur piézoélectrique présente un certain nombre d'avantages parmi lesquels on peut citer un couple de maintien important à l'arrêt du rotor, une faible tension d'alimentation, un bon couplage axial par friction, puisque la surface de couplage est égale à la section du rotor mise en contact avec la membrane et les électrodes 12, ainsi qu'une vitesse de rotation réduite qui permet d'éviter un système d'engrenage. Pour une description plus détaillée des moteurs de type piézoélectrique, on peut se référer utilement aux documents (4), (5), (6) et (7) référencés à la fin de la présente description.



Malgré leurs caractéristiques avantageuses, les micromoteurs piézoélectriques présentent aussi des inconvénients qui tiennent essentiellement à la mauvaise qualité des matériaux piézoélectriques déposés en couches minces. Ces matériaux qui sont souvent inhomogènes, présentent un faible effet piézoélectrique et ne permettent pas un contrôle précis de l'onde de déformation. Il en résulte en général une faible amplitude de déformation de la membrane. Par ailleurs, les moteurs et micromoteurs piézoélectriques fonctionnant suivant un mode de compression et de dilatation alternatives du matériau piézoélectrique occasionnent d'importantes contraintes dans ce matériau. Ces contraintes provoquent l'échauffement du matériau piézoélectrique par effet Joule et par pertes mécaniques, et par conséquent un vieillissement des composants ayant un rôle mécanique et une modification des paramètres de la membrane (dans le cas des micromoteurs) ou du corps élastique déposé sur le matériau piézoélectrique (dans le cas des macromoteurs). Il en résulte un changement de la fréquence de résonance du moteur en cours d'utilisation. Cette variation de fréquence de résonance entraîne une baisse de rendement qui est d'autant plus importante que la taille du moteur est petite.

Une autre contrainte liée à l'utilisation d'éléments piézoélectriques est celle du contrôle de l'amplitude des déformations du stator. Une déformation excessive du stator peut en effet endommager les éléments piézoélectriques. Ceux-ci supportent d'importantes compressions mais sont très fragiles en extension. Or, dans les moteurs à onde de déformation l'amplitude de dilatation des éléments piézoélectriques doit être égale à celle de leur contraction. Comme les

éléments piézoélectriques sont fragiles en extension, il est nécessaire de limiter l'amplitude des déformations du stator à une valeur suffisamment faible et donc se contenter d'une vitesse de rotation et d'un  
5 rendement finalement limités.

Pour compléter la description de l'état de la technique antérieure, on peut se reporter aux documents (8) et (9) référencés à la fin de la description qui donnent également un aperçu des problèmes et limites de  
10 la conception de microactionneurs.

Un objet de la présente invention est de fournir un nouveau type de moteur ou de micromoteur qui ne présente pas les inconvénients des moteurs ou micromoteurs connus.

15 Un autre objet de l'invention est de proposer un micromoteur qui soit d'une réalisation simple et peu coûteuse.

#### Exposé de l'invention

20 A cet effet, l'invention concerne plus particulièrement un moteur électrique comportant une partie fixe dite stator avec une membrane élastique déformable et une partie mobile dite rotor disposée sur la membrane et mue par friction, par des ondes de  
25 déformation de la membrane élastique, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens électrostatiques de déformation de la membrane, apte à déplacer le rotor dans un plan parallèle à un plan de repos de la membrane.

30 Les moyens électrostatiques du moteur de l'invention n'impliquent aucune force électrostatique s'exerçant entre le rotor et le stator, comme cela est le cas dans les moteurs électrostatiques connus. La partie fixe, ou le stator du moteur, peut comporter par  
35 exemple, un substrat isolant équipé d'un premier jeu

d'électrodes disposées en regard d'une première face de la membrane, les électrodes étant séparées de la membrane par un espacement et coopérant avec celle-ci pour la déformer par l'exercice de forces électrostatiques, le rotor étant disposé contre une face libre de la membrane, opposée à la première face.

On entend par espacement, aussi bien un espace vide qu'un espace comportant un matériau isolant électrique.

Lorsque des tensions d'excitation sont appliquées sur les électrodes du jeu d'électrodes, des forces électrostatiques s'exerçant entre les électrodes et la membrane entraînent une déformation élastique de celle-ci et permettent d'y générer une onde de déformation.

Selon un aspect particulier de l'invention, les moyens de déformation peuvent être conçus pour déformer la membrane selon un mode de résonance de celle-ci. La résonance permet un effet d'amplification de la déformation pour une tension d'excitation donnée appliquée sur les électrodes.

Une manière d'exciter la membrane à la résonance est d'alimenter les électrodes par une tension alternative avec un déphasage défini en fonction de l'onde de déformation souhaitée. Ce déphasage est, par exemple, nul pour une onde de déformation stationnaire.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, la membrane peut être réalisée en un matériau isolant électrique. Dans ce cas, la membrane comporte elle-même un second jeu d'une ou plusieurs électrodes qui sont respectivement associées aux électrodes du premier jeu. Une tension d'excitation électrique périodique est alors respectivement appliquée entre chaque électrode du premier jeu et

l'électrode correspondante du deuxième jeu sur la membrane. Selon un autre mode de réalisation, la membrane peut aussi être en un matériau électriquement conducteur. Dans ce cas, des tensions d'excitation  
5 électrique sont périodiquement appliquées entre respectivement chaque électrode du jeu d'électrode et la membrane elle-même.

Selon l'invention, les moyens électrostatiques sont donc formés par le premier jeu d'électrodes, par  
10 le deuxième jeu d'électrodes (ou la membrane lorsque celle-ci est conductrice) et par des moyens d'application d'une différence de potentiel entre le premier jeu et le deuxième jeu (ou la membrane).

Lorsque l'on souhaite exciter la membrane à la  
15 résonance, les électrodes peuvent être avantageusement disposées en des ventres de déformation de la membrane selon un mode de résonance de celle-ci.

La position précise des électrodes est définie notamment en fonction du mode de résonance que l'on  
20 souhaite exciter.

La présente invention peut être appliquée à la réalisation soit de moteurs linéaires, unidirectionnels ou multidirectionnels, mais aussi à la réalisation de moteurs rotatifs.

25 Dans le cas d'un moteur linéaire, la membrane présente une forme rectangulaire s'étendant selon une première direction X, les électrodes du premier jeu étant parallèles entre elles et à une direction Y perpendiculaire à la direction X, et disposées en  
30 regard de la membrane selon une direction X pour générer au moins une onde stationnaire de déformation de la membrane. Le premier jeu d'électrodes peut se décomposer en plusieurs groupes d'électrodes. Dans le cas particulier où le jeu d'électrodes comporte un  
35 groupe d'électrodes à chaque extrémité de la membrane

selon la direction X, ces électrodes sont capables de générer une première et une seconde ondes stationnaires dans la membrane. Ces deux ondes stationnaires sont déphasées dans l'espace et dans le temps. Lorsque les  
5 excitations appliquées sur les électrodes correspondent à la fréquence de résonance de la membrane, on observe une onde progressive qui se propage le long de celle-ci selon la direction X. Quelle que soit l'onde de déformation, un rotor posé sur la membrane est entraîné  
10 par friction selon la direction X.

Dans le cas d'un moteur multidirectionnel, les électrodes du stator sont disposées selon une matrice de lignes et de colonnes qui s'étendent respectivement dans des directions X et Y sensiblement  
15 perpendiculaires. Les électrodes coopèrent avec la membrane pour y générer des ondes de déformation progressives ou stationnaires.

Enfin, pour réaliser un moteur rotatif, les électrodes sont disposées circulairement sur le support et coopèrent avec la membrane pour y générer une onde  
20 de déformation à symétrie circulaire.

Quel que soit le mode de déplacement souhaité, pour réaliser des moteurs ou micromoteurs à ondes de déformation de type stationnaires, on peut aussi  
25 associer à la membrane, comme dans le cas connu des macromoteurs piézoélectriques (4, 8) des protubérances périodiques.

Le moteur de l'invention est particulièrement adapté à une fabrication selon des techniques connues  
30 en microélectronique et notamment pour une fabrication en silicium.

Dans ce cas, le procédé de fabrication du stator du moteur comporte essentiellement les étapes suivantes :

- a) réalisation d'une structure comportant, sur un substrat non conducteur, dans l'ordre, un premier jeu d'électrodes, une couche sacrificielle et une première couche,
- 5 b) gravure de la première couche pour former au moins une ouverture d'accès à la couche sacrificielle,
- c) gravure isotrope de la couche sacrificielle par l'ouverture pour libérer localement la première couche qui forme la membrane déformable,
- 10 d) réalisation de contacts électriques sur la membrane et sur les électrodes.

Le premier jeu d'électrodes peut être réalisé soit par dépôt de matériau conducteur sur le substrat avant la réalisation de la couche sacrificielle, soit  
15 par implantation ionique dans le substrat directement ou à travers la ou les couches supérieures. On entend par substrat non conducteur un substrat soit isolant soit en matériau semi-conducteur, soit encore un substrat conducteur recouvert par une couche isolante.

20 Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, en technologie silicium, l'étape a) de réalisation de la couche sacrificielle et de la première couche comporte :

- une implantation d'oxygène dans un substrat de  
25 silicium de façon à créer une couche enterrée d'oxyde de silicium formant la couche sacrificielle et un film de silicium situé au-dessus de ladite couche sacrificielle,
- une épitaxie de silicium à partir dudit film de façon  
30 à former la première couche.

Selon un autre mode de réalisation avantageux de l'invention, en technologie silicium, l'étape a) de réalisation de la couche sacrificielle et de la première couche comporte :

- une oxydation thermique du substrat en silicium de façon à former la couche sacrificielle,
- une épitaxie de silicium à partir de la couche sacrificielle de façon à former la première couche,
- 5 - ou formation de cette couche de silicium par scellement d'un substrat silicium et polissage pour ajuster à l'épaisseur désirée cette couche de silicium.

10 Lorsque la membrane est réalisée dans un matériau non conducteur, on réalise un deuxième jeu d'électrodes soit par dépôt sur la première couche, soit par implantation ionique dans cette couche de façon à réaliser des électrodes sur la surface supérieure ou inférieure de ladite couche.

15 Selon un mode de réalisation de l'invention, pour réaliser le rotor on effectue les étapes suivantes :

- formation d'une première couche sacrificielle sur la membrane,
- 20 - formation d'une couche de matériau sur cette couche sacrificielle,
- gravure de la couche de matériau de façon à définir la géométrie du rotor,
- et élimination de la couche sacrificielle pour
- 25 libérer le rotor.

Dans le cas d'un moteur rotatif par exemple, le rotor peut également être réalisé selon des techniques de fabrication connues en microélectronique. Il comporte par exemple les étapes suivantes :

- 30 a) formation d'une première couche sacrificielle sur la membrane du stator,
- b) gravure dans la première couche sacrificielle d'une dépression en forme d'anneau, face aux électrodes du stator,

- c) formation d'une première couche de matériau sur la couche sacrificielle et dans la dépression,
- d) gravure de la première couche pour définir le rotor parallèlement à la membrane,
- 5 e) formation d'une seconde couche sacrificielle autour de la première couche de matériau,
- f) formation d'une seconde couche de matériau autour de la seconde couche sacrificielle,
- 10 g) réalisation d'une ouverture dans la seconde couche de matériau pour mettre à jour la couche sacrificielle et pour définir une butée pour le rotor,
- h) gravure isotrope des première et seconde couches sacrificielles pour libérer le rotor.

15

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, en référence aux figures annexées, donnée à titre purement illustratif et non limitatif.

20

#### Brève description des figures

- la figure 1, déjà décrite, est une vue schématique en perspective d'un micromoteur piézoélectrique d'un type connu,
- 25 - la figure 2 est une vue schématique en coupe d'un stator de micromoteur conforme à l'invention,
- la figure 3 est une coupe schématique A-A du stator d'un micromoteur conforme à l'invention,
- la figure 4 est une vue en coupe schématique
- 30 d'une réalisation macroscopique du moteur selon l'invention,
- la figure 5 est une vue en coupe d'un moteur linéaire conformément à l'invention,
- la figure 6 est une coupe B-B du moteur
- 35 linéaire de la figure 5,



- la figure 7 est une vue de dessus d'un micromoteur multidirectionnel conforme à l'invention,

- les figures 8A, 8B et 8C sont des coupes schématiques illustrant les étapes de réalisation du stator d'un micromoteur rotatif conforme à l'invention,

- les figures 9A, 9B et 9C sont des coupes schématiques illustrant les étapes de réalisation du rotor d'un micromoteur rotatif conforme à l'invention.

#### 10 Description détaillée de modes de mise en oeuvre de l'invention

Des éléments de même fonction sur les figures 2 à 7 portent des références dont les chiffres des dizaines et des unités sont correspondants.

15 La figure 2 donne un exemple de stator d'un micromoteur conforme à l'invention qui a été réalisé selon des techniques de microélectronique. Le stator 101 représenté à la figure 2 comporte un substrat 100 avec une surface 102 dans laquelle sont implantées des électrodes 104. Une cale 106 en oxyde de silicium prend appui sur la surface 102 et maintient une membrane 108 à une distance d de la surface 102 du substrat. La membrane est reliée au substrat par la cale 106 ainsi que par un bouchon central 110 en formant une chambre 25 112 entre la membrane 108 et le substrat 100. Lorsque la membrane 108 est réalisée en un matériau conducteur électrique, des tensions d'excitation périodiques peuvent être appliquées respectivement entre les électrodes implantées 104 et la membrane. Des moyens 30 d'application de ces tensions, comportant un générateur de tension 114, sont très schématiquement représentés. Les bornes 116, 118 du générateur 114 sont respectivement reliées à la membrane 108 et à des plots de contact 120 des électrodes implantées 104. Dans le 35 cas particulier où la membrane 108 est réalisée en un

matériau isolant électrique, celle-ci peut aussi comporter des électrodes 122 réalisée sur sa surface tournée vers le substrat. Les électrodes 122 sont respectivement associées aux électrodes 104 du substrat. Sur la figure 2, les électrodes 122, qui correspondent à une variante de réalisation du moteur, sont représentées en trait discontinu.

La figure 3 est une coupe A-A du dispositif de la figure 2 et montre la disposition circulaire des électrodes 104. Les électrodes 104 sont disposées sur la surface 102 du substrat dans la chambre 112 qui est délimitée latéralement par la cale 106. Dans une région périphérique de la cale 106, tournée vers l'extérieur du stator, sont formés les plots de contact électrique 120 permettant l'application de tensions sur les électrodes implantées 104.

La figure 4 donne un exemple de réalisation macroscopique d'un moteur conforme à l'invention. Le moteur comporte un substrat 200 qui est une plaque de céramique dans laquelle est formée, par exemple par usinage, une dépression circulaire 212. Une membrane de polymère métallisée 208 vient recouvrir la plaque de céramique usinée pour former le stator. Elle est maintenue par exemple par collage par un bord latéral circulaire 206 de la plaque céramique et par un plot central 210.

Alors que l'épaisseur de la membrane du moteur de la figure 2 est de l'ordre du micromètre et celle du substrat de l'ordre de quelques centaines de micromètres, les épaisseurs des parties correspondantes du moteur "macroscopique", c'est-à-dire la plaque de céramique 200 et la membrane 208 sont respectivement de l'ordre du centimètre et de la centaine de micromètres. Dans la dépression 212 est disposé un circuit imprimé avec des électrodes 204 qui font face à la membrane

208. Le circuit imprimé est maintenu sur la plaque  
céramique à l'aide d'un système de fixation 205 qui  
peut également permettre une prise de contact. Le rotor  
230 du moteur est une pièce en aluminium disposée  
5 simplement sur la membrane 208. Le choix du matériau  
n'est toutefois pas très critique car le rotor n'assure  
aucune fonction électrique ou mécanique. Il est  
simplement entraîné par les ondes de déformation créées  
dans la membrane 208 sous l'effet de champs  
10 électromagnétiques obtenus en appliquant des tensions  
correspondantes entre les électrodes et la membrane.

Alors que les figures 2, 3 et 4 se rapportent  
plus particulièrement à un moteur rotatif, les figures  
5, 6 et 7 se rapportent à un moteur linéaire.

15 Sur la figure 5, on peut voir des éléments  
semblables à ceux des figures précédentes, en  
particulier un substrat 300 en silicium avec une  
surface 302 dans laquelle sont formées des électrodes  
304. Une cale 306 permet de maintenir une membrane 308  
20 à une distance d de la surface 302. Un espacement 312  
sépare ainsi la membrane 308 et la surface 302 du  
substrat 300. Un rotor parallélépipédique 330, réalisé  
par exemple en verre ou en silicium, est disposé sur la  
membrane 308. Pour des raisons de clarté, la figure 5  
25 ne représente pas les plots de prise de contact sur les  
électrodes.

Comme il apparaît plus clairement sur la figure  
6, le substrat comporte en fait deux séries  
d'électrodes 304' et 304" disposées dans des régions  
30 respectivement aux extrémités selon l'axe X de la  
membrane 308. Chacune de ces série d'électrodes permet  
de générer sur la membrane une onde stationnaire. Ces  
deux ondes stationnaires présentent un déphasage dans  
l'espace et dans le temps. Si ce déphasage est de  $\pi/2$   
35 dans le temps et de  $3\lambda/4$  dans l'espace ( $\lambda$ =longueur

d'onde de l'onde de déformation), il en résulte une onde progressive sur la membrane qui permet de déplacer selon l'axe X le rotor 330 disposé sur la membrane 308.

La figure 7 permet d'illustrer une autre  
5 variante de réalisation de l'invention pour un micromoteur dit multidirectionnel. Ce moteur fonctionne de la même manière que le moteur linéaire, mais les électrodes 404 sont disposées en une matrice de colonnes et de lignes selon les directions X et Y  
10 repérées sur la figure. Pour des raisons de clarté, la figure ne montre que l'emplacement des électrodes 404 et l'emplacement de la membrane 408. Un rotor 430 disposé sur la membrane peut être déplacé par des ondes progressives ou stationnaires générées dans la membrane  
15 408 suivant les deux directions orthogonales X et Y. En ce qui concerne le déplacement d'un rotor sur une membrane déformable, d'un moteur linéaire, ou multidirectionnel, on peut se reporter utilement au document (6) référencé à la fin de la description.

20 Les micromoteurs et les moteurs de l'invention peuvent être réalisés selon différentes techniques, déjà connues dans le domaine de la microélectronique. Les figures 8A à 8C donnent à titre d'exemple un mode de réalisation de ces moteurs. Une première étape  
25 consiste à réaliser une structure telle que représentée à la figure 8A. Celle-ci comporte un substrat épais par exemple de silicium, qui porte la référence 500. Sur une surface 502, le substrat supporte dans l'ordre, une couche 503 d'oxyde de silicium d'une épaisseur de  
30 l'ordre 0,4  $\mu\text{m}$ , puis une couche 508 de silicium d'une épaisseur de l'ordre de 0,2  $\mu\text{m}$ . Cette structure est réalisée par exemple sur un substrat de silicium par les techniques précédemment décrites.

Des électrodes 504 sont formées à la surface  
35 502 du substrat 500, par exemple, par une implantation

ionique, à travers un masque, qui traverse les couches 508 et 503. Cette étape est illustrée notamment à la figure 8B. La réalisation du stator du moteur est poursuivie par la formation par épitaxie d'une couche  
5 de silicium sur la couche 508 afin d'en augmenter l'épaisseur. La couche 508 épaissie forme la future membrane du stator qui porte la même référence. La couche 508 est ensuite gravée, par exemple par gravure sèche, afin d'y former une ouverture d'accès 509 pour  
10 atteindre l'oxyde de silicium de la couche 503. Une gravure humide de l'oxyde de silicium à travers l'ouverture 509 permet ensuite de libérer la membrane. Il se forme ainsi une cavité 512 visible à la figure 8C.

15 La membrane 508 est maintenue sur le substrat par une cale 506. La cale 506 provient d'une partie de la couche 503 qui n'a pas été éliminée lors de la gravure humide de l'oxyde de silicium. La réalisation du stator peut être poursuivie par le dépôt d'un  
20 bouchon 510, par exemple en nitrure de silicium, au centre de la membrane pour venir combler l'ouverture 509 et rigidifier la membrane en prenant appui sur la surface 502 du substrat. Le bouchon 510 peut être réalisé par exemple par dépôt chimique en phase vapeur.  
25 La réalisation du stator se termine par la formation de contacts électriques (réalisés de façon classique par la formation d'ouvertures avec métallisation) sur la membrane 508 et sur les électrodes 504. Ces contacts électriques ne sont pas représentés pour des raisons de  
30 clarté des figures.

On peut noter que dans une configuration où la membrane 508 est en un matériau isolant électrique, la fabrication du stator est complétée par la formation d'une ou plusieurs électrodes sur la membrane 508,  
35 correspondant aux électrodes 504 du substrat. Lorsque

le stator du moteur est prêt, la réalisation du moteur peut être poursuivie par la fabrication du rotor.

Des étapes de fabrication du rotor sont illustrées aux figures 9A à 9C, dans le cas particulier d'un moteur rotatif. Celles-ci comportent le dépôt d'une couche sacrificielle 518, par exemple d'oxyde de silicium, sur la membrane 508 du stator. Une dépression 520 en forme d'anneau et d'une profondeur de l'ordre de 2  $\mu\text{m}$  est ensuite gravée par exemple par gravure humide dans la couche 518 en face des électrodes 504. Ces étapes apparaissent notamment à la figure 9A.

La fabrication du rotor est poursuivie par le dépôt d'une couche 523, par exemple de silicium, sur la couche 518 et dans la dépression 520. Cette couche de silicium 523 d'une épaisseur de quelques  $\mu\text{m}$  constitue le futur rotor 530. Cette couche est ensuite gravée de même que la couche sacrificielle 518 pour déterminer le diamètre du rotor 530. Une deuxième couche sacrificielle 524 est ensuite formée autour des couches 518 et de la couche 523 gravées. Une couche 526 de silicium entourant la couche 524 forme enfin une capsule qui s'étend jusqu'à la membrane 508 et qui enferme le rotor 530. La structure ainsi obtenue est représentée à la figure 9B.

La couche 526 est ensuite gravée localement en face du bouchon 510, par exemple par gravure sèche, afin de mettre à jour l'oxyde de silicium de la couche 524. La gravure sèche du silicium de la couche 526 est poursuivie par une gravure humide sélective de l'oxyde de silicium des couches 524 et 518 qui permet de libérer le rotor 530.

On obtient le moteur représenté sur la figure 9C. Le rotor est maintenu mobile en rotation sur la membrane 508 au moyen de la couche 526 gravée dont des flancs 527 empêchent un déplacement latéral du rotor

sur la membrane et dont un rebord supérieur circulaire 529 empêche un déplacement axial du rotor qui le séparerait de la membrane.

Le rotor 530 prend appui sur la membrane 508  
5 par une couronne circulaire 531 obtenue par moulage dans la dépression 520 gravée dans la couche 518 (voir figure 9B).

Lorsque des forces électrostatiques sont créées entre la membrane 508 et le substrat 500, sous l'effet  
10 de tensions d'excitation appliquées entre la membrane 508 et les électrodes 504, une onde circulaire est formée dans la membrane. Le rotor est alors entraîné en rotation autour d'un axe Z passant par le bouchon central 510.

15 Finalement, grâce à l'invention on obtient des moteurs avec un couple important et qui ne présente pas les inconvénients des micromoteurs connus. Il est possible en effet de s'affranchir de la qualité des matériaux actifs, de simplifier les procédés de  
20 fabrication, mais aussi d'obtenir un couplage électromécanique meilleur et plus facilement contrôlable ; un bon couplage électromécanique étant compris comme une déformation mécanique de la membrane directement liée à la tension appliquée aux électrodes.

25

REFERENCES DES DOCUMENTS CITES DANS LA PRESENTE DESCRIPTION

(1)

30 A Study of Three Microfabricated Variable-capacitance Motors  
M. Mehregany, S.F. Bart  
Sensors and Actuators A21-A23, 1990, pp 173-179

(2)

Design Considerations for Micromachined  
Electric Actuators

S.F. Bart, T.A. Lober,

Sensors and Actuators, 14- 1988, pp. 269-292.

5 (3)

Permanent Magnet Micromotors on Silicon  
Substrates

B. Wagner, M. Kreutzer

Journal of Microelectromechanical Systems, Vol.  
2, n°1, 1993

10

(4)

Present State of the Art of Ultrasonic Motors  
S. Ueha

Japanese Journal of Applied Physics, 1988, vol.  
28 suppl 28-1, pp. 3, 6

15

(5)

Piezoelectric Ultrasonic Motor

R. Inaba, A. Tokushima

Ultrasonic Symposium, pp. 747-756, 1987

20

(6)

Piezoelectric Micromotors for Microrobots

A.M. Flynn, L.S. Tavrow

Journal of Microelectromechanical Systems, vol.  
1, n° 1, 1992

25

(7)

Ultrasonic Motors : Physics and Applications

R.M. Moroney

Proceedings of the 3rd IEEE Workshop on MEMS,  
1990, pp. 182, 187

30

(8)

Les "entretiens de la technologie", 15/16 mars  
1994, Paris, Theme mécanique, Atelier  
microtechnique,

P. Minotti, Université de Besançon.

35

(9)



An Introduction to Ultrasonic Motors

T. Sashida, T. Kenjo

Oxford Science Publication, 1993, pp. 23-24

## REVENDICATIONS

1. Moteur électrique comportant une partie fixe (101) dite stator avec une membrane élastique déformable (108, 208, 308, 408, 508) et une partie  
5 mobile (230, 330, 430, 530), dite rotor, disposée sur la membrane et mue par friction, par des ondes de déformation de la membrane élastique, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens électrostatiques (104, 114, 122, 204, 304, 404, 504) de déformation de la membrane,  
10 apte à déplacer le rotor dans un plan parallèle à un plan de repos de la membrane.

2. Moteur électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens électrostatiques sont aptes à déformer la membrane selon un mode de  
15 résonnance de celle-ci.

3. Moteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie fixe comporte un substrat isolant (100, 200, 300, 400, 500) équipé d'un premier jeu d'électrodes (104, 204, 304, 404, 504) disposées en  
20 regard d'une première face de la membrane, les électrodes étant séparées de la membrane (108, 208, 308, 408, 508) par un espacement (112, 212, 312, 512) et coopérant avec celle-ci pour la déformer par l'exercice de forces électrostatiques, le rotor étant  
25 disposé contre une face libre de la membrane, opposée à la première face.

4. Moteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que la membrane (108, 208, 308, 408, 508) est en un matériau conducteur électrique, et une tension  
30 d'excitation périodique électrique est appliquée respectivement entre chaque électrode (104, 204, 304, 404, 504) et la membrane.

5. Moteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que la membrane (108, 208, 308, 408, 508) est en  
35 un matériau isolant électrique et comporte un second

jeu d'une ou plusieurs électrodes (122) respectivement associées aux électrodes (104) du premier jeu d'électrodes, une tension d'excitation électrique périodique étant respectivement appliquée entre chaque  
5 électrode (104) du premier jeu d'électrodes et une électrode (122) associée du second jeu d'électrodes.

6. Moteur selon la revendication 5, caractérisé en ce que les électrodes sont disposées en des ventres de déformation de la membrane selon un mode de  
10 résonnance de celle-ci.

7. Moteur linéaire selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il est linéaire et qu'il comporte une membrane rectangulaire (308) s'étendant selon une direction X, les électrodes du premier jeu étant  
15 parallèles entre elles et à une direction Y perpendiculaire à la direction X, et disposées en regard de la membrane (308) selon la direction X, pour générer au moins une onde stationnaire de déformation de la membrane.

8. Moteur multidirectionnel selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il est multidirectionnel et que les électrodes du premier jeu sont disposées selon une matrice de lignes et de colonnes d'électrodes (404) s'étendant respectivement  
20 selon des directions X et Y sensiblement perpendiculaires, les électrodes (404) coopérant avec la membrane pour y générer des ondes de déformation progressives ou stationnaires.

9. Moteur rotatif selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il est rotatif et que les électrodes (104) du premier jeu d'électrodes sont disposées circulairement sur le substrat (100) et coopèrent avec la membrane (108) pour y générer une  
30 onde de déformation à symétrie circulaire.

10. Procédé de fabrication de la partie fixe, d'un moteur comportant une partie fixe, dite stator, avec une membrane élastique déformable par des forces électrostatiques, et une partie mobile, dite rotor, disposée sur la membrane, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes successives suivantes :

- 5 a) réalisation d'une structure comportant, sur un substrat non conducteur (500), dans l'ordre, un premier jeu d'électrodes, une couche sacrificielle (503) et une première couche (508),
- 10 b) gravure de la première couche (508) pour former au moins une ouverture (509) d'accès à la couche sacrificielle,
- c) gravure isotrope de la couche sacrificielle (503) par l'ouverture (509) pour libérer localement la
- 15 première couche (508) qui forme la membrane déformable,
- d) réalisation de contacts électriques sur la membrane et sur les électrodes.

20 11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'étape a) de réalisation de la couche sacrificielle (503) et de la première couche (508) comporte :

- une implantation d'oxygène dans un substrat de silicium de façon à créer une couche enterrée d'oxyde de silicium formant la couche sacrificielle et un film de silicium situé au-dessus de ladite couche sacrificielle,
- 25 - une épitaxie de silicium à partir dudit film de façon à former la première couche.

30 12. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'étape a) de réalisation de la couche sacrificielle (503) et de la première couche (508) comporte :

- une oxydation thermique du substrat en silicium de façon à former la couche sacrificielle,
- une épitaxie de silicium à partir de la couche sacrificielle de façon à former la première couche.

5           13. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'étape a) de réalisation de la couche sacrificielle (503) et de la première couche (508) comporte :

- une oxydation thermique du substrat en silicium de
- 10       façon à former la couche sacrificielle,
- la formation de la première couche par scellement d'un substrat de silicium et polissage pour ajuster à une épaisseur désirée ladite couche.

15           14. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la gravure de la première couche est une gravure sèche et la gravure de la couche sacrificielle est une gravure humide.

20           15. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de réalisation d'un bouchon (510) dans l'ouverture d'accès (509), ledit bouchon prenant appui sur le substrat (500) pour rigidifier la membrane (508).

25           16. Procédé de fabrication d'un rotor pour un moteur conforme à la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- formation d'une première couche sacrificielle (518) sur la membrane (508),
- formation d'une couche de matériau (523) sur cette couche sacrificielle,
- 30       - gravure de la couche de matériau de façon à définir la géométrie du rotor, et
- élimination de la couche sacrificielle (518) pour libérer le rotor.

35           17. Procédé de fabrication d'un rotor circulaire pour un moteur conforme à la revendication

10, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- a) formation d'une première couche sacrificielle (518) sur la membrane (508),
- 5 b) gravure dans la couche sacrificielle d'une dépression (520) en forme d'anneau faisant face aux électrodes (504),
- c) formation d'une première couche de matériau (523) sur la couche sacrificielle et dans la dépression,
- 10 d) gravure de la première couche de matériau (523) pour définir un diamètre de rotor (530),
- e) fabrication d'une seconde couche sacrificielle (524) autour de la première couche de matériau (523),
- f) formation d'une seconde couche de matériau (526) autour de la seconde couche sacrificielle (524),
- 15 g) gravure de la seconde couche de matériau (526) pour mettre à jour la seconde couche sacrificielle et pour définir une butée (529) pour le rotor (530),
- h) gravure isotrope des première et seconde couches
- 20 sacrificielles (518, 524) pour libérer le rotor.

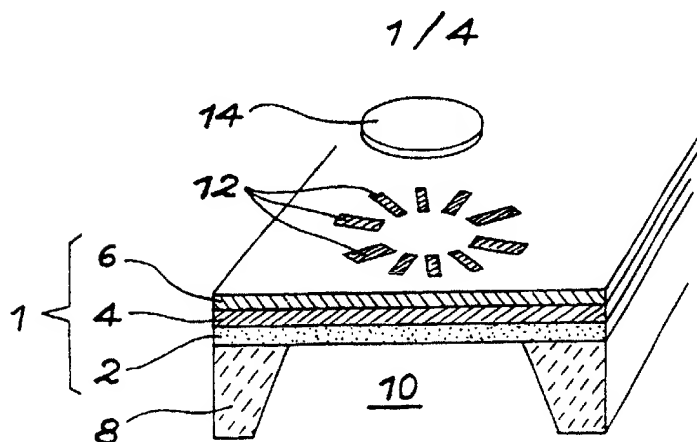


FIG. 1

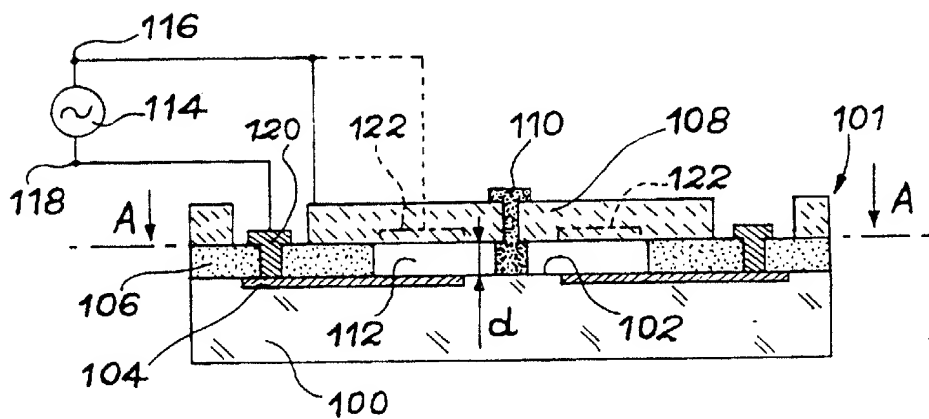


FIG. 2

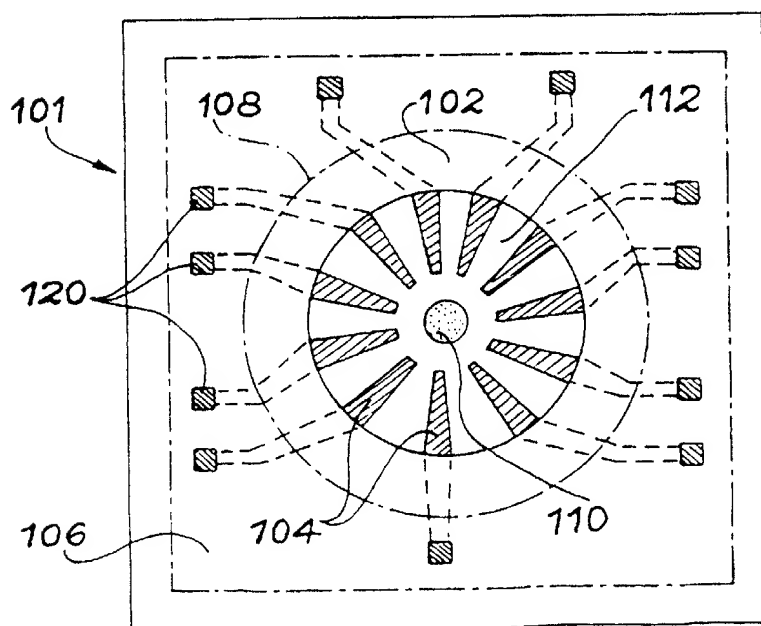
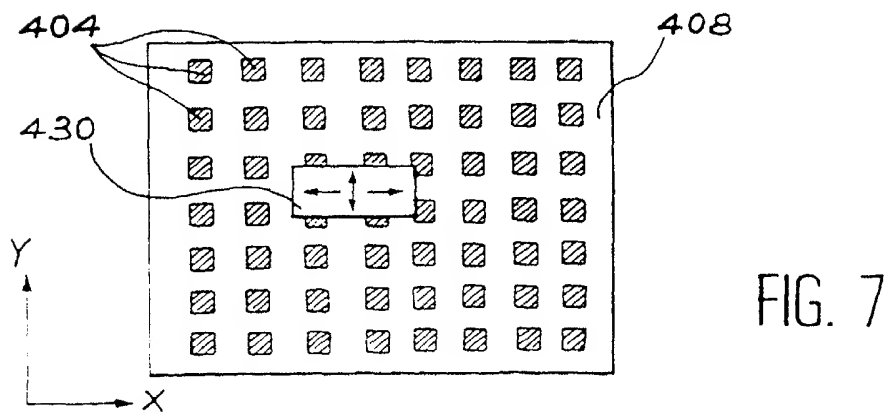
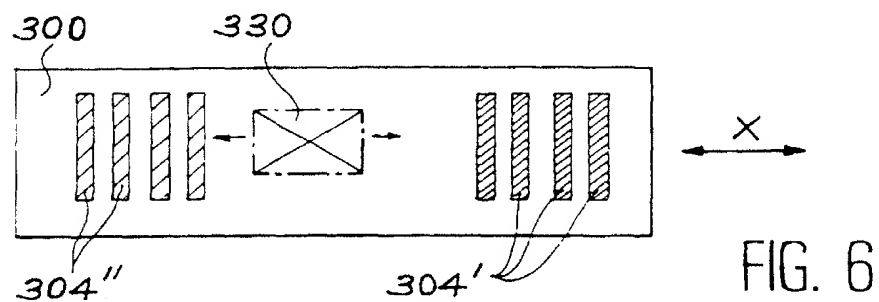
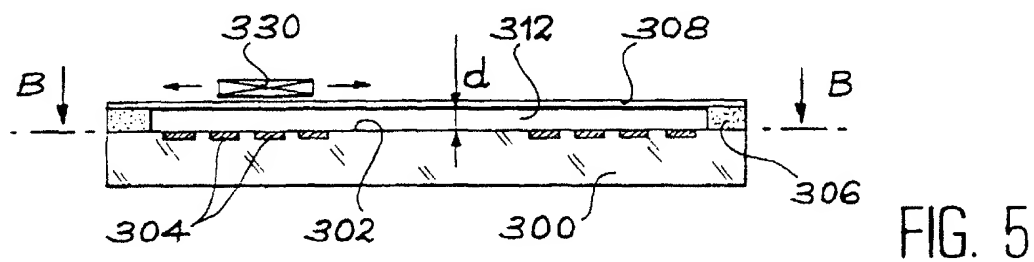
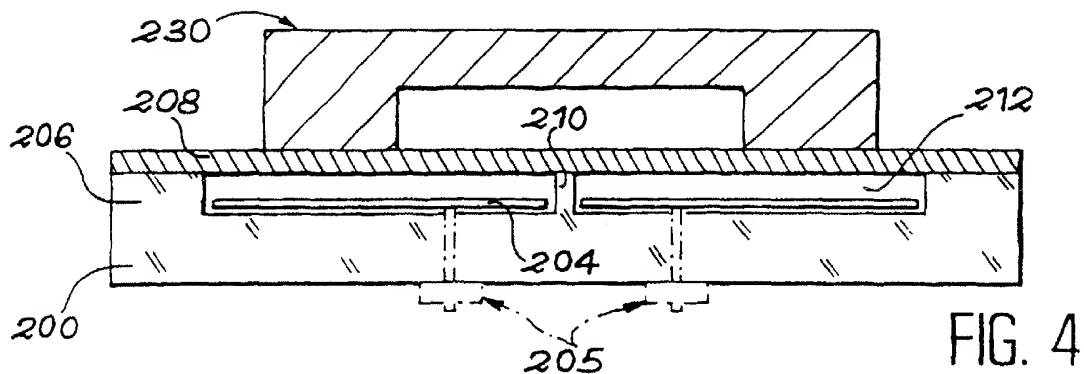


FIG. 3

2 / 4





3 / 4

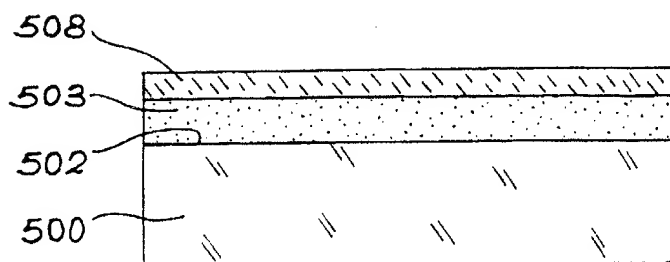


FIG. 8 A

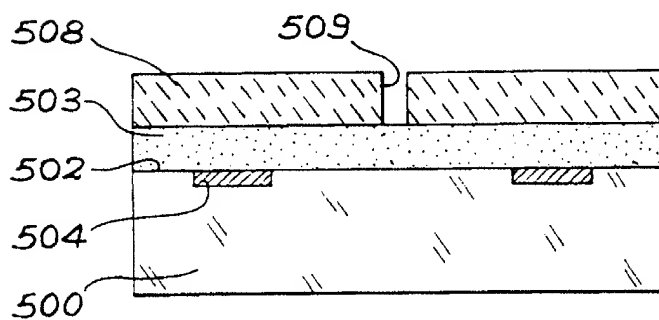


FIG. 8 B

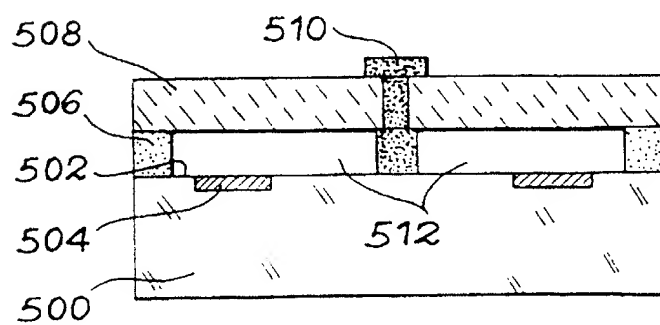


FIG. 8 C

4 / 4

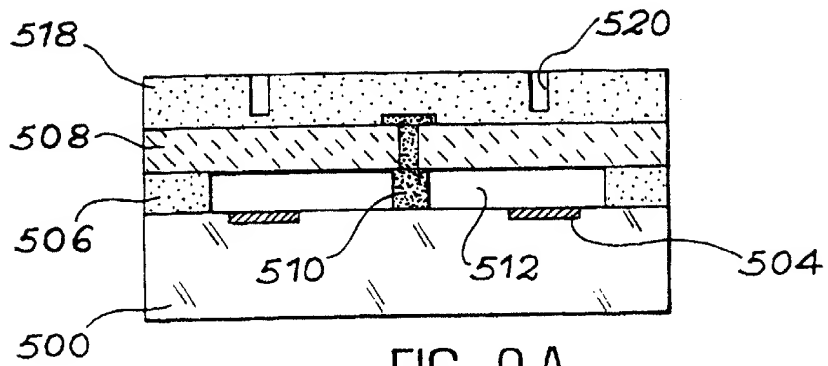


FIG. 9A

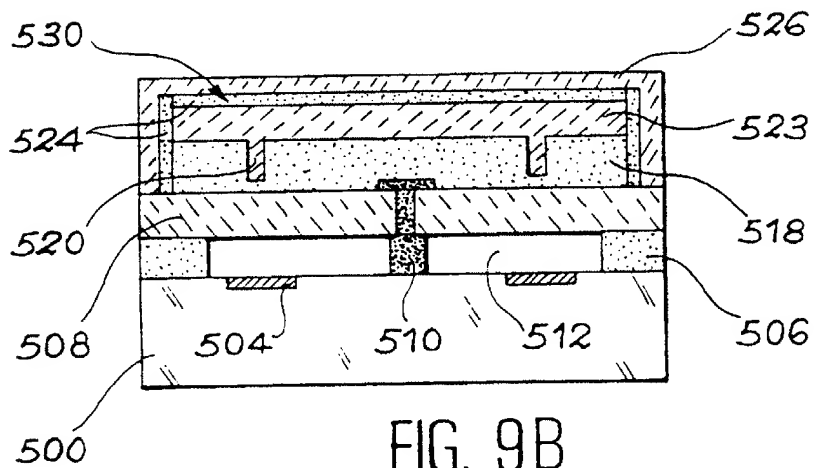


FIG. 9B

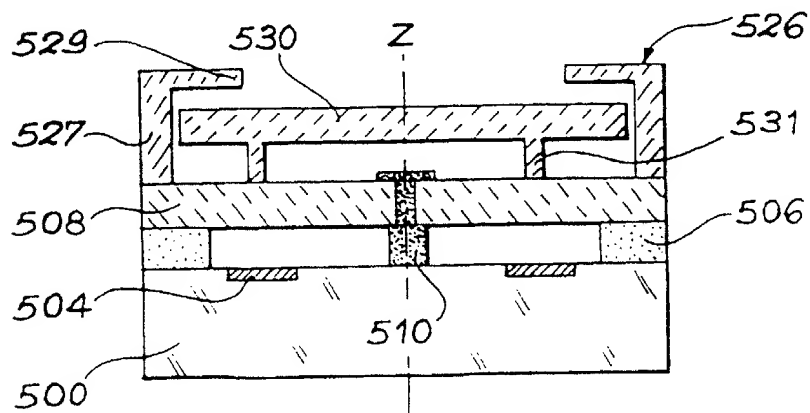


FIG. 9C

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No

PCT/FR 95/01578

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H02N1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H02N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 22, no. 9, February 1980 NEW YORK, US, pages 4176-4177, ANONYMOUS 'Micromechanical Generation Of Acoustic Waves. February 1980.'	1,2,4, 10,14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018 no. 063 (E-1500) ,2 February 1994 & JP,A,05 276766 (TOSHIBA CORP) 22 October 1993, see abstract	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013 no. 474 (E-836) ,26 October 1989 & JP,A,01 186178 (TOSHIBA CORP) 25 July 1989, see abstract	1
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \* 'A' document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \* 'E' earlier document but published on or after the international filing date
- \* 'L' document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \* 'O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \* 'P' document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \* 'T' later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \* 'X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \* 'Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* '&' document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 February 1996

Date of mailing of the international search report

- 1. 03. 96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Zanichelli, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern al Application No  
PCT/FR 95/01578

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>TRANSDUCERS '91. 1991 INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOLID-STATE SENSORS AND ACTUATORS. DIGEST OF TECHNICAL PAPERS (CAT. NO.91CH2817-5), SAN FRANCISCO, CA, USA, 24-27 JUNE 1991, ISBN 0-87942-585-7, 1991, NEW YORK, NY, USA, IEEE, USA, pages 1056-1059,  FURUHATA T ET AL 'Array-driven ultrasonic microactuators'  see the whole document  ---</p>	1
A	<p>PROCEEDINGS OF THE WORKSHOP ON MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS, TRAVEMUNDE, FEB. 4 - 7, 1992,  no. WORKSHOP 5, 4 February 1992 BENECKE W;PETZOLD H -C,  pages 128-132, XP 000344138  GABRIEL K J ET AL 'SURFACE-NORMAL ELECTROSTATIC/PNEUMATIC ACTUATOR'  see the whole document  ---</p>	1
A	<p>EP,A,0 441 269 (ASULAB SA) 14 August 1991  see claim 1; figures  ---</p>	1
A	<p>JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, vol. 1, no. 1, 1 March 1992  pages 44-51, XP 000304101  FLYNN A M ET AL 'PIEZOELECTRIC MICROMOTORS FOR MICROROBOTS'  cited in the application  see the whole document  -----</p>	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 95/01578

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0441269	14-08-91	CH-A- 680322	31-07-92
		FR-A- 2658961	30-08-91
		DE-D- 69109882	29-06-95
		DE-T- 69109882	21-12-95
		JP-A- 7059364	03-03-95
		US-A- 5191251	02-03-93
-----			

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dema internationale No  
PCT/FR 95/01578

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 6 H02N1/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 6 H02N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 22, no. 9, Février 1980 NEW YORK, US, pages 4176-4177, ANONYMOUS 'Micromechanical Generation Of Acoustic Waves. February 1980.'	1,2,4, 10,14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018 no. 063 (E-1500) ,2 Février 1994 & JP,A,05 276766 (TOSHIBA CORP) 22 Octobre 1993, voir abrégé	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013 no. 474 (E-836) ,26 Octobre 1989 & JP,A,01 186178 (TOSHIBA CORP) 25 Juillet 1989, voir abrégé	1

-/--

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cite pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cite pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

22 Février 1996

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

- 1. 03. 96

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Europeen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Zanichelli, F

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dema internationale No  
PCT/FR 95/01578

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Categorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>TRANSDUCERS '91. 1991 INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOLID-STATE SENSORS AND ACTUATORS. DIGEST OF TECHNICAL PAPERS (CAT. NO.91CH2817-5), SAN FRANCISCO, CA, USA, 24-27 JUNE 1991, ISBN 0-87942-585-7, 1991, NEW YORK, NY, USA, IEEE, USA, pages 1056-1059,  FURUHATA T ET AL 'Array-driven ultrasonic microactuators'  voir le document en entier  ---</p>	1
A	<p>PROCEEDINGS OF THE WORKSHOP ON MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS, TRAVEMUNDE, FEB. 4 - 7, 1992,  no. WORKSHOP 5, 4 Février 1992 BENECKE W;PETZOLD H -C,  pages 128-132, XP 000344138  GABRIEL K J ET AL 'SURFACE-NORMAL ELECTROSTATIC/PNEUMATIC ACTUATOR'  voir le document en entier  ---</p>	1
A	<p>EP,A,0 441 269 (ASULAB SA) 14 Août 1991  voir revendication 1; figures  ---</p>	1
A	<p>JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, vol. 1, no. 1, 1 Mars 1992  pages 44-51, XP 000304101  FLYNN A M ET AL 'PIEZOELECTRIC MICROMOTORS FOR MICROROBOTS'  cité dans la demande  voir le document en entier  -----</p>	1

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Dema nternationale No

PCT/FR 95/01578

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP-A-0441269	14-08-91	CH-A- 680322	31-07-92
		FR-A- 2658961	30-08-91
		DE-D- 69109882	29-06-95
		DE-T- 69109882	21-12-95
		JP-A- 7059364	03-03-95
		US-A- 5191251	02-03-93
-----			